

VU Research Portal

Werelden van vernuft

Dijksterhuis, F.J.

2017

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Dijksterhuis, F. J. (2017). *Werelden van vernuft: denken over kennis in de vroegmoderne tijd*. Vrije Universiteit Amsterdam.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

werelden van vernuft

denken over kennis in de vroegmoderne tijd

prof.dr.ir. F.J. Dijksterhuis

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van bijzonder hoogleraar Ideeëngeschiedenis van de vroegmoderne tijd, in het bijzonder de kennisgeschiedenis vanwege de Dr. C. Louise Thijssen-Schoute Stichting aan de Faculteit der Geesteswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam op 3 maart 2017.

Mijnheer de rector, dames en heren,

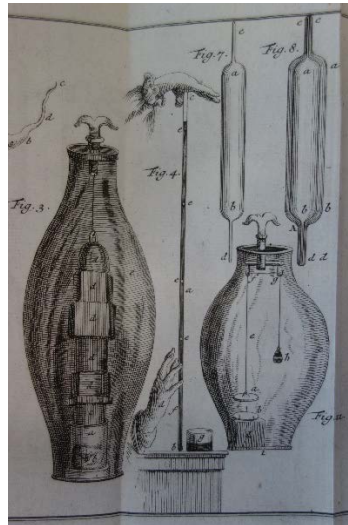
Bij de naam 'Fahrenheit' denken de meesten van ons aan die lastige temperatuurschaal die in minder ontwikkelde streken van de wereld nog steeds gebruikt wordt.¹ De persoon Fahrenheit was een instrumentmaker hier in Amsterdam die in de vroege 18^{de} eeuw een sleutelrol speelde in de ontwikkeling van de thermometer. Daniël Gabriël Fahrenheit (1686-1736) ontwikkelde de kwikthermometer, technieken voor serieproductie en standaardisering, ijkmethodes en dus die temperatuurschaal. Daarmee wordt het verschil tussen koud en warm exact en reproduceerbaar zodat iedereen overal weet wat 30° is. De thermometers van Fahrenheit waren gedurende de hele achttiende eeuw het toonbeeld van betrouwbaarheid en objectiviteit.

Fahrenheit was afkomstig uit Gdansk. In het najaar van 1717 vestigde hij zich in Amsterdam als instrumentmaker. Hij kende de stad want hij was er tien jaar eerder in de leer geweest bij het handelshuis van Beuningen, één van de vele Amsterdamse ondernemingen die handel dreven met de Oostzee. Toen Fahrenheit terugkeerde in Amsterdam introduceerde een telg uit een andere handelsfamilie hem bij de lokale elite. Lambert ten Kate (1674-1731) had zich teruggetrokken uit de zakenwereld om zich te wijden aan de kunsten en wetenschappen. In een brief aan Jean Leclerc (1657-1736), hoogleraar aan het Remonstrants College, prees hij Fahrenheit's capaciteiten aan. Leclerc publiceerde de brief vervolgens in zijn *Bibliothèque Ancienne et Moderne*, een maandblad waarin de laatste ontwikkelingen op het gebied van kunsten en wetenschappen werden besproken.²

'Er is hier een heer Fahrenheit die allerlei soorten thermometers en barometers maakt ten behoeve van 'des Physiciens', met een veel

grotere nauwkeurigheid dan ik tot nu toe ben tegengekomen,' schreef Ten Kate. De vakkundigheid van Fahrenheit bleek uit het feit dat hij ook fosforen maakte; daarvoor was grote zorgvuldigheid in het zuiveren van kwik en het vullen van glazen nodig.³

Barometers en thermometers kent u, maar wat is 'een fosfor'? En wat heeft die met barometers en thermometers te maken? Wij kennen het element fosfor maar niet het instrument. De fosforen die Fahrenheit bouwde waren een variant op de barometer: een glazen buis met een vacuüm boven een kolom kwik. Het peil van het kwik varieert met de luchtdruk en zo kun je weersverandering meten. Maar dat niet alleen: als het kwik beweegt ontstaat een flauw lichtschijnsel. Maar dat lukt alleen wanneer het instrument heel vakkundig gemaakt is. Fahrenheit kon dat en de fosforen gaven blijk van zijn vakbekwaamheid en de kwaliteit van zijn instrumenten.



(Er is geen portret van Fahrenheit maar de linker afbeelding uit Ranouws beschrijving van glasblazen geeft een goede indruk van zijn werk. Nrs. 7 en 8 zijn de fosforen in de illustratie bij Fahrenheit's brief.)

Het barometrisch licht was bij toeval ontdekt. In 1675 liep de Franse astronoom Jean Picard (1620-1682) op een winterse nacht met zijn barometer naar het Parijse observatorium, toen hij wat licht zag bij het kwik in de buis. Het bleek lastig om het verschijnsel te reproduceren – de ene barometer deed het niet, de andere wel, maar ook lang niet altijd. Wat precies de voorwaarden waren om het verschijnsel voort te brengen bleef een mysterie. Pas rond 1700 zag Johan Bernoulli (1667-1748) in Groningen kans het verschijnsel onder controle te krijgen. Dat deed hij met een speciaal instrument, een ‘nouveau phosphore’. Dit wekte overal in Europa interesse, vooral toen bleek dat de opstelling ook andere effecten had. Een vacuüm gezogen glasbuis of bol vertoonde een krachtwerking die leek op de aantrekking van opgewreven barnsteen. Dat effect had inmiddels de naam elektrisch gekregen – naar het Griekse woord voor barnsteen: elektron. Experimenten met de fosforen en discussies over de aard en eigenschappen van de effecten mondden in de loop van de 18^{de} eeuw uit in een heel nieuw onderzoeksgebied: de elektrostatica en de vermakelijke experimenten met elektrische kussen, Leidse flessen en bliksems.⁴ [@ ppt Franklin, Galvetc]

Fahrenheit had in eerste instantie moeite gehad het instrument van Bernoulli te maken. Al doende kwam hij er achter dat de fosfor alleen werkte als die gemaakt was bij droog en helder weer en met droge handen opgewreven werd. Fahrenheit verbeterde het instrument: in plaats van een cementen stop die kon gaan lekken en uitdrogen smolt hij het uiteinde dicht. Bovendien moest hij een luchtbelletje in het vacuüm brengen. Om u een indruk te geven van de nauwkeurigheid waarmee Fahrenheit werkte: ‘ik kan echter, tot noch toe, niet bepalen, hoe groot of klein dit lucht-belletje wel zoude mogen zyn. Want ik hebbe ondervonden dat een lucht-

belletje, het welk niet groter is als de knop van een spelde, genoeg is om de Barometer te doen lichten, en dat zelfs in Barometers, welkers buis al van een redelyke wydte is.’ Een speldenknopje droge lucht. Het resultaat van Fahrenheits onderzoek was een nieuw instrument dat hij *Phosphori Ætherei* noemde: een vacuüm cilinder zonder kwik, alleen dat luchtbelletje, bij droog en helder weer gemaakt. Wrijven volstond om het effect te krijgen.⁵

Natuur- en scheikunde in de vroegmoderne tijd

We hebben een merkwaardige route afgelegd: van fosforen die geen fosfor zijn, naar barometrisch licht dat uitmondt in onderzoek naar elektrostatica. Vreemd omdat het verband tussen al deze zaken voor ons niet voor de hand ligt. Dat heeft vooral te maken met onze manier van kijken. Tijdens de Verlichting was het niet zo vreemd om barometrisch licht in het hokje ‘fosfor’ onder te brengen. Het was immers een lichtmakend voorwerp: van het Griekse *φωσφόρος* – drager van licht. Lichtende voorwerpen en stoffen konden in de vroegmoderne tijd op grote belangstelling rekenen: hout, mineralen, tot suiker aan toe. In 1669 zag de Duitse alchemist Hennig Brand (rond 1630-na 1692) kans om een lichtgevende substantie te produceren door urine in te dampen, de resterende pasta te verhitten, en de vrijkomende dampen door water te voeren. Overal in Europa probeerde men het proces te repliceren en te doorgronden.⁶

Bij ‘fosfor’ denken wij aan de substantie van Brand: een chemisch element. Luminescentie van vacuüm en de krachten van elektriciteit zetten wij in het hokje fysica. Daar vinden wij het in de leerboeken, en daar vinden wij het ook in de geschiedenisboeken: licht en

elektriciteit zijn onderdeel van de geschiedenis van de natuurkunde; elementen zoals fosfor van de geschiedenis van de scheikunde. Een dergelijk onderscheid tussen natuur- en scheikunde is echter iets van deze tijd. In 1700 bestonden die hokjes niet en ze zijn misschien helemaal niet bruikbaar voor de vroegmoderne tijd. Als je met moderne categorieën naar het verleden kijkt zie je historische verbanden over het hoofd: tussen het experimenteren met urine en de aanzet tot elektriciteitsonderzoek; tussen de optica van de barometer en de fysica van de elektriseermachine.

Je kunt nog een stap verder gaan dan zulke ‘toevallige’ verbanden: als deze verschijnselen in de hoofden van verlichte onderzoekers bij elkaar hoorden onder de noemer ‘fosfor’, betekent dat misschien wel dat zij daadwerkelijk dachten dat licht en elektriciteit *chemisch* zijn. Op zich is dat niet zo vreemd: het gaat tenslotte om verschijnselen die voortgebracht worden door een nauwkeurige bewerking en behandeling van materialen en voorwerpen. Net zoals je uit urine volgens een nauwgezette procedure een lichtgevende substantie distilleert, extraheer je licht uit een vacuüm door een barometer zorgvuldig te prepareren en bewerken. Maar, zult u zeggen, licht en elektriciteit zijn toch helemaal geen stoffen? Dat zijn toch krachten, werkingen. Ja, zo begrijpen wij het. Maar in de 18^{de} eeuw werd er anders naar gekeken, en veel denkers vatten licht en elektriciteit uitdrukkelijk op als stoffen. En dan echt als chemische stoffen, met hun karakteristieke eigenschappen, stoffen die reageren met andere stoffen. Ten Kate sprak niet voor niets over een ‘beetje licht’ dat achterbleef in de buizen van Fahrenheit. Die stoffelijke kijk geldt niet alleen voor het licht in de fosfor, maar ook voor elektriciteit uit de elektriseermachine, en de warmte in Fahrenheit’s thermometer.

Werelden van vernuft

De fosforen van Fahrenheit openen een wereld van fascinerende verschijnselen, verrassende verbanden, slimme en handige mensen. Een wereld van vernuft waar nieuwe verschijnselen gemaakt worden, problemen onder de knie gekregen en processen in de vingers, inzichten verworven; vaak op een heel andere manier dan wij gewend zijn. Zo'n verre wereld van vernuft legt nieuwe betekenissen bloot en een verscheidenheid aan denk- en handelwijzen. Een wereld van instrumenthandel, demonstraties en proeven, waarin een Fahrenheit een instrument vervolmaakt en snapt hoe vuil, vocht, en vacuüm samenhangen. Een Ten Kate die inzicht krijgt in de aard en werking van licht. Maar die ook weten hoe ze de juiste mensen moeten bereiken en hun kennis delen via brieven en tijdschriften. Als we het denken en doen van Fahrenheit, Ten Kate en hun tijdgenoten serieus nemen – en een historicus moet dat doen – komen interessante vragen op over kennis en wetenschap en over de tijd waarin dit speelde. Wat kunnen we leren van deze werelden van vernuft?

Chemisch licht

Fahrenheits fosforen zijn niet uniek voor de periode rond 1700. Ik heb ook onderzoek gedaan naar de brandlens van Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651-1708). Deze edelman uit Saksen zag in de jaren 1690 kans om lenzen te maken van bijna een meter doorsnee. Een waar kunststuk, want daar heb je alleen al een oven voor nodig die je onder gecontroleerde omstandigheden langzaam kunt laten afkoelen. Niet een paar uur, maar gedurende een paar *weken*, anders knapt het glas. Met die lens kon hij van alles laten

branden, smelten, oxideren: hout, water, metalen, tot zelfs asbest aan toe. Onderzoekers uit heel Europa waren gefascineerd, waaronder Wilhelm Homberg (1652-1715) in Parijs. Hij zag de lens als een mogelijkheid om zuiver licht te maken en dat te laten reageren met metalen: licht was in zijn ogen een zwavelachtige substantie en door dat te binden met metalen zouden deze kunnen transformeren tot edeler varianten. Dat heet ook transmutatie.⁷

Tschirnhaus en Homberg zagen in het brandpunt van de lens niet louter hitte die opgewekt wordt door intensief focussen van licht en die metalen laat smelten. Ze zagen het als een plek waar de stof licht reageerde met metalen en andere materialen. De lens voegde geconcentreerd licht aan de materialen toe. Smelten en oxideren begrepen zij als chemische reacties tussen verschillende substanties. Een chemische opvatting van stoffen verschilt van een fysische: in plaats van universele materie die al dan niet krachten uitoefent, kijk je naar materialen met specifieke reactieve eigenschappen – de ene wel, de andere niet – die je door proefneming in kaart brengt. De geschiedenis van de elektrische vloeistoffen en lichtdeeltjes van de 18^{de} eeuw wordt voornamelijk geschreven met een fysische blik, waarbij die vloeistoffen en deeltjes mechanisch en hydrodynamisch geanalyseerd worden, en eigenschappen en verschijnselen teruggebracht worden tot vorm en configuratie van deeltjes. Op die manier krijg je geen zicht op de ‘chemische’ blik van de 18^{de}-eeuwer, die zocht naar substanties, eigenschappen onderzocht, en nieuwe reacties probeerde te scheppen. Ik denk dat je een andere geschiedenis van elektriciteit, optica, en warmte in de 18^{de} eeuw schrijft als je er met een chemisch oog naar kijkt en het losmaakt van het frame van de moderne mathematische fysica.

Dit betekent niet dat je een fysische blik door een chemische moet vervangen. Dan creëer je alleen maar nieuwe problemen. Een onderscheid tussen ‘natuurkunde’ en ‘scheikunde’ is zelf het probleem. Om inzicht te krijgen in de werelden van vernuft van vroeger moet je afstand nemen van moderne begrippen en categorieën door ze te problematiseren en historiseren. Het eerste begrip dat je dan aanpakt is ‘wetenschap’. Helpt dat om het verleden te begrijpen of staat het een goed begrip van wat Homberg, Tschirnhaus en Fahrenheit deden juist in de weg? Deze vraag vormt precies de reden dat ik hier een rede houd als hoogleraar *kennis*geschiedenis in plaats van wetenschapsgeschiedenis.

Van wetenschapsgeschiedenis naar kennisgeschiedenis

Ik ben als wetenschapshistoricus begonnen – althans: als een ingenieur die in de geschiedenis van de wetenschap verzeild is geraakt. In mijn onderzoek naar de optica van Christiaan Huygens, en later naar de wiskunde in de Republiek, ging het begrip ‘wetenschap’ steeds meer in de weg zitten. In Huygens’ denken over licht stonden telescopen en meetkunde centraal – zaken die grotendeels buiten beeld van de wetenschapsgeschiedenis vielen en door specialisten op het gebied van instrumenten en wiskunde behandeld werden. Natuurfilosofische concepties over de aard en werking van licht, materie, beweging bleken niet de sleutel tot zijn lichttheorie te zijn. Huygens’ golftheorie was in zekere zin een bijproduct van zijn werk aan telescopen en lenzen: voor een verhandeling daarover had hij een verklaring van breking nodig. Huygens was in de eerste plaats een wiskundige, maar de 17^{de}-eeuwse wiskunde omvatte ook (fysische) vragen over optica,

astronomie, mechanica, en muziek. De belangrijkste conclusie van mijn proefschrift was dat je Huygens vanuit dat perspectief moet begrijpen – en dat dat geldt voor veel meer ontwikkelingen in de zeventiende eeuw.

De vroegmoderne tijd is voor de kennisgeschiedenis razend interessant. In de periode van de Renaissance tot de Verlichting en de revoluties van de late 18^{de} eeuw veranderden opvattingen over kennis en geleerdheid ingrijpend: nieuwe bronnen van kennis werden aangeboord, nieuwe kennisdragers en kennismakers kwamen naar voren. Om maar wat te noemen: de ontdekkingsreizen openden nieuwe werelden met onbekende planten, dieren, producten en culturen; de boekdrukkunst opende nieuwe kanalen van kennisuitwisseling buiten de geleerde wereld; de praktische wereld van ambachtslieden, artsen, ingenieurs werd steeds meer geaccepteerd als kennisbron. Vervolgens werd in de 18^{de} eeuw de overgang naar de moderne samenleving ingezet met de industriële en politieke revoluties. De vroegmoderne omslag in de kenniscultuur was te ingrijpend en alomvattend om in één zin samen te vatten, maar legde wel de grondslag voor de moderne praktijken en opvattingen over kennis. De geschiedschrijving van deze ontwikkelingen is volop in beweging en levert tal van nieuwe perspectieven en inzichten op.

In het klassieke beeld van de vroegmoderne periode staat de Wetenschapsrevolutie centraal, met de copernicaanse omwenteling en de newtoniaanse mechanica als kern van het verhaal. Daar zijn allerlei elementen aan toegevoegd – natuurlijke historie, experimentele filosofie, genootschappen – maar de mechanisering van het wereldbeeld bleef het ijkpunt in de wetenschapsgeschiedenis. De

nieuwe kijk op het universum en de nieuwe grondslag van de fysica waren ontegenzeggelijk belangrijke en ingrijpende veranderingen; de vraag is echter of wereldbeeld en grondbeginselen goede startpunten zijn van historisch onderzoek. Dat heeft te maken met het begrip wetenschap zelf. Of je nu spreekt van een revolutie van de wetenschap of een revolutie door de wetenschap: de vraag is wat die wetenschap is in de vroegmoderne periode. Van een wetenschap zoals we die nu kennen – methodologisch, institutioneel, cultureel – was vóór de negentiende eeuw geen sprake.

De kennisgeschiedenis probeert de blik te verbreden. Dat gaat verder dan nieuwe elementen in de wetenschapsrevolutie naar voren halen, het gaat er om het begrip wetenschap te hernemen en te begrijpen als onderdeel en product van bredere maatschappelijke en culturele ontwikkelingen. In plaats van uit te gaan van wat wij als de kern van wetenschap beschouwen – theorie en methode – is het startpunt de activiteiten en ideeën van de mensen zelf zonder vooraf onderscheid tussen wetenschap en niet-wetenschap te maken. Welke praktijken van kennisverwerving en -uitwisseling bestonden er, welke opvattingen waren daarover, welke veranderingen vonden plaats?⁸ Om vandaaruit opnieuw de vraag te stellen hoe daarin ‘moderne’ wetenschap gestalte kreeg. Vanuit de notie van wetenschap als product van cultuurgeschiedenis zijn verrassende nieuwe perspectieven geopend. In zijn klassieke studie *Galileo Courtier* liet Mario Biagioli zien dat Galileis positie als Florentijns hoveling de sleutel vormt tot zijn wetenschappelijke werk en ook zijn uiteindelijke veroordeling. Op vergelijkbare manier hebben Shapin en Schaffer betoogd dat de experimentele filosofie van Boyle geworteld is in de Engelse cultuur van de gentleman en heeft Hal Cook laten zien hoe in de Gouden Eeuw de waarden van de

handelaar doorwerken in de kennisopvattingen van de nieuwe wetenschap.⁹

Fahrenheit en Tschirnhaus in de kennisgeschiedenis

Als je Fahrenheit en Tschirnhaus benadert vanuit het perspectief van de kennisgeschiedenis, kijk je niet alleen naar hun ontdekkingen en ideeën maar ook naar de wereld waarin zij leefden, wie ze waren en wat ze deden en wat daarmee gebeurde. Fahrenheit had in Amsterdam een geschikte plek gevonden als instrumentmaker. Hij bediende een bijzondere markt, één van liefhebbers zoals Lambert ten Kate. Behalve instrumenten bood hij ook onderwijs aan. Op woensdagen gaf hij lessen voor een betalend publiek – van drie tot vijf over hydrostatica, van half 6 tot half 8 over optica - aanschouwelijk onderwijs aan hand van experimenten.¹⁰ Je kunt deze privaatlessen verkooppraatjes noemen, maar ze vormen ook een vroeg voorbeeld van aanschouwelijk onderwijs in de proefondervindelijke wijsbegeerte. Het voorbeeld van Fahrenheit laat zien dat die filosofie niet een product was van geleerde schrijvers, maar in de eerste plaats van vernuftelingen zoals hij. In de opkomende cultuur van genootschappen en publieke belangstelling voor natuurfilosofie verwierf Fahrenheit een plek waar zijn instrumenten hun nut bewezen. Hij vond daarbij aansluiting in de geleerde wereld, zoals de hooggeleerde Boerhaave in Leiden en de Royal Society in Londen. Naast Ten Kate, bood de arts Willem van Ranouw (1669-1724) hem toegang tot de Republiek der Letteren. Van Ranouw publiceerde onder meer het *Natuur- en Konst-Kabinet* waarin hij artikelen en brieven van Fahrenheit plaatste.



Van Ranouws *Kabinet* is een fascinerende uitgave: een mooi uitgegeven tijdschrift dat hij eigenhandig elke twee maanden volschreef. Hij gebruikte het om zijn kennis van en opvattingen over natuurfilosofie naar een breed publiek te brengen. Interessant is dat hij *drie* bronnen van kennis onderscheidde: naast de Heilige Schrift en de Natuur ook de Konsten en dat is origineel voor die tijd. De titelprent gaf zijn visie weer op de juiste methode van kennisverwerving: de *Historie*

– beschrijving van de natuur zoals die in het boek gedrukt staat – wordt bijgelicht door de waarheid, en geïnformeerd door de ‘proefkundige Ervarentheid’ – met toetssteen en passer. Interessant is de figuur op de achtergrond: de waanwysheid heeft duivelsoren en blaast een zeepbel, een originele metafoor die aansluit op de geest van de tijd.¹¹

Mijn VU-collega Inger Leemans doet onderzoek naar de vroegmoderne geschiedenis van de beurs, de verbeelding van financiële crises, en de rol van passies in het economisch denken. Wij ontdekten al snel allerlei verbanden tussen de barometers van Fahrenheit en het economisch denken in de vroege 18^{de} eeuw. Aan

de ene kant metaforen uit de weerkunde, zoals luchtbel en windhandel; aan de andere een opkomende cultuur van meten waarbij de gegoede burgerij het weer gaat bijhouden en instrumenten als barometers en thermometers commodities werden. Fahrenheit is zo een voorbeeld van de manier waarop instrument-makers in de vroege achttiende eeuw barometers, thermometers, en dergelijke transformeerden tot artikelen voor algemeen gebruik en aanzien.¹² En het verhaal over zijn barometers en Van Ranouws tijdschriften is een voorbeeld van de manie waarop de kennisgeschiedenis verbanden legt tussen verschillende historische vakgebieden.

Tschirnhaus kende de Amsterdamse wereld van welgestelde liefhebbers ook. Zijn Hollandse kennissenkring speelde een belangrijke rol in zijn internationale netwerk en bij het aan de man brengen van zijn brandglazen. Hij zag ook lucratieve mogelijkheden: '... als men zo'n lens in Holland in het openbaar tentoonstelt voor geld, en maar weinig van iemand vraagt, bijvoorbeeld een stuiver; ik geloof dat er dan vele duizenden daalders verdiend kunnen worden'.¹³ Maar dat was bijvangst: zijn brandlens was een bijproduct van een groot project voor de Saksische nijverheid om nieuwe, kwalitatief hoogstaande producten te ontwikkelen. Er werden diverse glashutten opgericht, maar de grote doorbraak was de ontwikkeling van het Meissner porselein: voor het eerst lukte het in Europa Chinees keramiek te maken. Een killerapp zouden we tegenwoordig zeggen. Het verlichte project om de nijverheid van de Saksische staat te bevorderen bracht commercie en staatsvorming samen met culturele en intellectuele ambities.

Fahrenheit, Tschirnhaus, en hun verschillende werelden – de handelsstad, de innoverende vorst – laten allerlei verschillende kennispraktijken zien, met diverse motieven en opvattingen, waarbij wetenschap, commercie, bestuur, cultuur op allerlei manieren verweven zijn zonder dat het ene ondergeschikt is aan het andere. Fahrenheits onderzoek is niet los te zien van zijn instrumentmakerij: de fosfor was een manier om het vacuüm en de werking ervan in de barometer onder controle te krijgen en bood een keurmerk voor de kwaliteit van zijn instrumenten. Ondertussen was hij ook gewoon nieuwsgierig; zijn ‘onderzoekslust’, zoals hij het noemde, werd gewekt en hij wilde verschijnselen begrijpen. In vergelijking met Bernoulli en Ten Kate, die vragen over de aard van licht stelden, sprak hij meer in termen van effecten en eigenschappen van zijn opstellingen. Die diversiteit in benaderingen fascineert mij en die breng je aan het licht door de verschillende figuren en activiteiten te volgen.

Begripsmatige kanten van de kennispraktijken

Ik heb al uitgelegd dat het uitmaakt welke begrippen gebruikt bij de studie van het verleden. Welke alternatieven zijn er? Het begrip vernuft helpt om problematische categorieën zoals ‘wetenschap’, ‘techniek’, ‘toepassing’, te omzeilen. Vernuft combineert denken en doen, kennen en kunnen en ik gebruik het om te benadrukken dat theorie en praktijk verweven zijn in plaats van ondergeschikt aan elkaar. Kennis is geen vrijzwevende gedachte, je kunt er iets mee: dingen maken, betekenis geven, noem maar op. Vernuft is meer dan intelligentie, er zit ook een element van handigheid in. Het komt terug in het mooie woord vernufteling, dat Hooft gebruikte om de

ingenieur aan te duiden. Het schoolvoorbeeld van de vernufteling is Simon Stevin (1548-1620), de naamgever van het multidisciplinaire centrum voor wetenschapsgeschiedenis aan de VU.

In de wetenschapsgeschiedenis en de wetenschapsfilosofie staat van oudsher theorie centraal. Theorie wordt beschouwd als de eerste beweging en finale oorzaak van kennis. Ook onder mijn collega ingenieurs: als ze vertellen hoe onderzoek werkt komen ze op een variant van hypothese-toetsen uit, terwijl ze in de praktijk veel meer en heel andere dingen doen. Dingen voor elkaar krijgen, laten werken, eigenschappen achterhalen door te testen, enzovoort. Ingenieurswetenschap wordt dan vaak gezien als een afgeleide van zuivere wetenschap en geen ‘ware’ wetenschap – alsof toepassen vanzelf gaat. Historisch is ‘theorie’ ook niet zo’n bruikbare leidraad, alleen al omdat hele foute theorieën hele goede kennis kunnen opleveren – denk bijvoorbeeld aan de stofopvatting van warmte, licht en elektriciteit in de 18^{de} eeuw. Wanneer je het begrip van weten en kennen breed opvat kun je verklarende, beschrijvende, praktische kenwijzen op een gelijkwaardige manier behandelen. Ten Kates ontologische interpretatie van (niet)werkende fosforen en Fahrenheit’s praktische inzicht in de constructie ervan zijn twee vormen van begrijpen hoe een fosfor werkt.

VU-filosoof Henk de Regt heeft heel mooi laten zien hoe ‘begrijpen’ dieper gaat dan ‘verklaren’. Wanneer je ‘theorie’ en ‘verklaring’ niet centraal stelt komen ook niet-theoretische kanten van kennis in beeld; kennis die in de handen, in de dingen, in de ervaring zit. Zoals Fahrenheit die begrijpt dat hij een speldenknopje lucht nodig heeft. Kennis die in de apparaten, objecten, werking en handelingen zit laat zich niet per se reduceren tot taal en abstracte begrippen.

Embodied knowledge wordt dat wel genoemd. Lichamen en voorwerpen zijn echter meer dan dragers van kennis; ze zijn een bron van kennis en geven er vorm aan. Het is het soort kennis dat niet buiten die apparaten bestaat. Elektriciteit is het ultieme voorbeeld hiervan: buiten opgewreven barnsteen, fosforen, en elektriseermachines bestond elektriciteit eenvoudigweg niet. Pas toen het onderzoek met Leidse flessen en ontladingen goed op gang kwam, werd elektriciteit in de natuur herkend. *Phénoménotechnique* noemt Bachelard dat: het verschijnsel bestaat in de technische realisatie.¹⁴

In deze fascinatie voor technische kennis en ingenieurswetenschap klinkt mijn Twentse achtergrond door. Van mijn Twentse collega's in de wetenschaps- en techniekstudies heb ik geleerd te kijken hoe technologie bemiddelt in ons denken en doen en vorm geeft aan onze wereld en samenleven. Deze preoccupatie met technisch bemiddelde kennis roept analytische en historische vragen op: wat voor soort kennis zit er in objecten en zintuigen, wat kun je er mee? Hoe kun je dat soort kennis overdragen: objecten zijn niet genoeg, je moet ook weten wat je ermee moet doen. Barometrisch licht bijvoorbeeld: je moet heel precies weten wat je met het kwik en de buis moet doen om het verschijnsel zichtbaar te maken. Overdracht van dergelijke kennis vergt niet alleen geletterdheid – teksten kunnen lezen en begrijpen waar het over gaat – en gecijferdheid – kunnen omgaan met getallen en symbolen – maar ook materiële geletterdheid – weten wat je met materialen en instrumenten moet doen, hoe je het gebruikt.

In de kennisgeschiedenis van tegenwoordig is veel aandacht voor praktische en materiële kennisvormen. Wat is de historische en

kentheoretische betekenis van verschillende soorten kennis; hoe zijn praktijken, artefacten, en materialen te begrijpen zijn als knooppunten van kennisontwikkeling? Sven Dupré en Ann-Sophie Lehmann onderzoeken hoe kunstenaars materialen en technieken ontwikkelden en daarmee niet alleen nieuwe manieren van visuele expressie maar ook allerlei nieuwe vormen van kennis voortbrachten. Ze stappen daarmee over het moderne onderscheid kunst, wetenschap en techniek heen en richten de blik op de vroegmoderne *konsten*. Pamela Smith spreekt over artisanal epistemology om de eigenstandige kennispraktijk van ambachtslieden te duiden, Pamela Long gebruikt het begrip ‘trading zone’ om de inwerking van ambachtelijke kenwijzen op de empirische filosofie van de vroegmoderne tijd bloot te leggen. Zij bouwen voort op oudere ideeën over het belang van ambachtslieden voor de wetenschapsrevolutie, maar proberen juist te laten zien hoe die als kennispraktijken te begrijpen zijn. Hun analyse heeft oorspronkelijk betrekking op de periode van de Renaissance en de daaropvolgende Revolutie, maar kan ook doorgetrokken worden naar de Verlichting.¹⁵

Een nieuwe beeld van kennis in de achttiende eeuw

De nieuwe kennishistorische benaderingen leveren nieuwe beelden op van de vroegmoderne periode. De achttiende eeuw werd in de wetenschapsgeschiedenis gezien als een periode van stagnatie zonder fundamentele vernieuwingen zoals de newtoniaanse fysica. Vanuit het perspectief van de kennisgeschiedenis is het juist een uitermate interessante tijd. Niet alleen nieuwe vormen en plaatsen van kennisverwerving zoals de fysico-chemische projecten van

Fahrenheit en Tschirnhaus, maar ook nieuwe opvattingen over de status en betekenis van de nieuwe wetenschap: de belangstelling van de burgerij voor tijdschriften en instrumenten, de cultuur van meten, de inzet van kennis voor innovatieve projecten, en ga zo maar door. In de geschiedenis van de scheikunde is de 18^{de} eeuw altijd prominent geweest, maar vaak gezien als een nakomertje in de wetenschapsrevolutie. In plaats van een afgeleide van de fysica, laat recent onderzoek zien dat de chemie een heel eigen geschiedenis heeft waarbij geleerdheid en nijverheid sterk verweven is. Ursula Klein onderzoekt projecten om materialen te verbeteren – melk, water, vermiljoen – allerlei verschillende mensen bij elkaar brachten, met hun eigen kennis, activiteiten en belangen, en hoe daarbij ‘wetenschappelijke’ vormen van kennis betekenis kregen.¹⁶

Wetenschaps-, techniek-, en economische geschiedenis staan van oudsher nogal los van elkaar. Voor zover er wordt nagedacht over de verhouding tussen Wetenschappelijke en Industriële Revoluties, wordt de laatste meestal gezien als een product van de eerste. In die opvatting zitten allerlei aannames over de relatie tussen theorie en praktijk, wetenschap en techniek, die geproblematiseerd kunnen worden. In de bundel *The Mindful Hand* probeerden we onder leiding van Lissa Roberts 15 jaar geleden nieuwe categorieën te gebruiken om na te denken over de wisselwerking tussen theorie en praktijk – knowing and doing, scholar and craftsman – in de aanloop naar de moderne wetenschap en industrie van de negentiende eeuw. Bert de Munck heeft recentelijk laten zien dat er in de achttiende eeuw een herschikking in het denken over rede en handwerk was, waarbij de ambachtsman in toenemende mate het recht van spreken verloor – zowel wat betreft kennis en inzicht als in politieke zin als burger. De VU is een ideale plek voor dit soort

vakoverstijgende benaderingen, mede dankzij het pionierswerk van Karel Davids bij het integreren van geschiedenis van economie, techniek en wetenschap (waar hij ook een globale draai aan geeft).¹⁷

De 18^{de} eeuw vormt de aanzet tot de moderne kennissamenleving, waarin kennis gezien wordt als sleutel tot beschaving en voorspoed. Sven Dupré en Wijnand Mijnhardt hebben in het Global Knowledge Society project een groep historici samengebracht om de maatschappelijke betekenis en status van uiteenlopende kennispraktijken te onderzoeken. Een centrale vraag is welke maatschappelijke structuren en culturele praktijken kennisontwikkeling mogelijk maakten en bevorderden. Hal Cook liet al zien hoe belangrijk de stedelijke setting was voor de bloei van de wetenschap in de Gouden Eeuw. In de deelgroep ‘transfer of knowledge’ proberen we te achterhalen hoe kennis uitgewisseld werd tussen verschillende groepen en verschillende locaties; wat de dragers van kennis waren en hoe toegang tot kennis mogelijk (en onmogelijk) gemaakt werd. Het is uiterst inspirerend om daar met Djoeke, Harro, Irene, Werner, Dirk nieuwe ideeën en perspectieven voor te ontwikkelen, bijvoorbeeld over de manier waarop geheimhouding en censuur kennisoverdracht juist mogelijk maken.¹⁸

Zelfbegrip in de achttiende eeuw en moderne kennisopvattingen

Achttiende-eeuwers dachten zelf ook na over dit soort vragen. Tschirnhaus was niet alleen betrokken bij het project om de Saksische glasnijverheid te bevorderen, hij dacht ook na over de organisatie en overdracht van kennis. In 1700 publiceerde hij een traktaat over wetenschappen en onderwijs: *Gründliche Anleitung zu*

nützlichen Wissenschaften. Tschirnhaus betoogde dat de nieuwe tijd een nieuwe geleerde nodig had, één die een grondige scholing in de wiskundige en aanschouwelijke wetenschappen nodig had. Hij had het geschreven op verzoek August Hermann Francke (1663-1727), de piëtistische onderwijsvernieuwer in Halle. Franckes onderwijs- en opvoedingsproject groeide in de loop van de 18de eeuw uit tot een complex van weeshuizen, internaten, scholen, werkplaatsen waar kinderen uit alle lagen van de bevolking gevormd werden als vaklui, ambachtslieden, geleerden, en bovenal godvrezende burgers.

De ideeën van Tschirnhaus waren in zekere zin wat ouderwets: hij vestigde zijn hoop in de eerste plaats op geleerden die oog voor de praktijk hadden en ervaring met de handen, als een soort homo universalis. Iemand als Johan Heinrich Lambert (1728-1777) keek, later in de 18^{de} eeuw, niet alleen naar de intellectuele elite, maar naar de hele constellatie van kennis en kunde. De kwaliteiten die nodig waren voor nieuwe en nuttige zaken hoefden niet in één persoon verenigd te zijn; het zaak was om verschillende deskundigen op een vruchtbare manier bij elkaar te brengen. Laat de schilder en de wiskundige samenwerken om systematisch kennis van kleuren te ontwikkelen. Het resultaat was een kleurenpiramide, een 3D ordening van kleuren die gebruikt kon worden om tinten te maken en te analyseren, bijvoorbeeld door een kleermaker die wilde inspelen op de laatste modetrends. Je ziet wederom hoe geleerdheid, commercie en nijverheid hand in hand gaan.¹⁹

De manier waarop Tschirnhaus zich inzette voor de vernieuwing van de Saksische nijverheid en nadacht over de rol van kennis en onderwijs daarin is typisch voor de 18^{de} eeuw. Overal werd nagedacht over de manier waarop je de verwerving en benutting van

kennis kunt bevorderen organiseren ten behoeve van het algemeen nut. Verbetering was alom: van de landbouw, van de nijverheid, van de samenleving. Overal werd gezocht naar nieuwe producten, vaak concurrerend met de globale import, nieuwe aanpakken, nieuwe organisatievormen. Staten gingen actief de nijverheid stimuleren en beleid voeren. Welvaart, rijkdom, en vernieuwing werden niet langer gezien als natuurverschijnselen – een gegeven dat je overkomt – maar als iets dat je kunt sturen, inrichten, vormgeven. De Verlichting had een nijvere kant, gericht op productie, organisatie, en innovatie. Een belangrijk deel van het verlichte gedachtengoed kwam tot stand in apparaten en materialen zoals fosforen en brandlenzen, keramiek en stoffen.

De nijvere kant is in het beeld van de Verlichting buiten beeld geraakt. Wij denken in de eerste plaats aan de triomf van de rede en de revolutionaire ideeën en ook dat is een erfenis van die tijd. De *philosophes* die de toon zetten in het debat over kennis en moraal, propageerden een visie op wetenschap die ver stond van nijvere praktijken. De rationele verlichting reduceerde kennis tot veruitwendigde maten en begrippen; beschouwde handwerk als zielloos en handwerkslieden als machines. ‘Zuivere’ kennis moet je niet zoeken bij techniek en in de industrie. In deze doctrines wortelt onze hiërarchische visie op kennis en wetenschap, waarbij theoretische, gecodificeerde kennis aan top staat en materiele, zintuiglijke kennis ondergeschikt daaraan is.

Ons historische beeld van de vroegmoderne kennis is ook schatplichtig aan de rationele verlichting. In de 18^{de} eeuw begon men geschiedenis van wetenschap te schrijven waarbij de eigen verdiensten geduid en gelegitimeerd werd door het in een verhaal

van ontwikkeling en vooruitgang te plaatsen. In de eerste plaats werd Newton op het voetstuk gehesen als de heraut van de moderne tijd en de sleutel tot de moderne wetenschap. De Newton van wiskunde en experiment werd de bekroning van de Wetenschapsrevolutie en alles wat niet in het rationalistische model paste werd buiten het verhaal gehouden. Zo verdwenen alchemisten en letterkundigen als pseudo-wetenschappers en niet-wetenschappers uit de geschiedenis, en werd de transmutatie van Homberg een besmet begrip. Dat geldt zelfs voor Newton zelf: historici zijn pas de laatste paar decennia bezig zijn alchemistische en theologische werk serieus te nemen. Het is fascinerend hoe de erfenis van de alchemie – chemisch denken, experimenteel handelen – kennelijk zo ongemakkelijk was dat het met terugwerkende kracht gezuiverd moest worden. Dergelijke verhalen onttrekken belangrijke historische lijnen aan het zicht. Zoals het verband tussen fosfor en elektrostatica. Dat zijn de verhalen waarmee ik aan de slag wil: werelden van vernuft verkennen en nieuw licht werpen op de historische wortels van onze kennissamenleving.

Vragen aan de geschiedenis

Ik heb wel wat ideeën welke kant dat op zou kunnen gaan. Nu wil ik me niet met Newton vergelijken, maar toch. Zijn onderzoek naar licht en kleur brak hij halverwege de bestudering van buiging af om de *Opticks* te besluiten met een reeks queries, retorische vragen waarin hij zijn visie op de aard en oorzaken van natuurverschijnselen gaf, zonder deze empirisch grondig onderbouwd te hebben. ‘Are not the Rays of Light very small Bodies emitted from shining Substances?’²⁰ De lezers van de *Opticks* wisten natuurlijk precies wat

Newton bedoelde: het kon niet anders dan dat licht bestaat uit deeltjes. Als gods woord in een ouderling gingen de queries de 18^{de} eeuw in. Die illusie heb ik niet, maar ik wilde mijn verhaal afsluiten met een paar ‘queries’ om aan te geven wat een verkenning van vroegmoderne werelden van vernuft kan opleveren.

Is het niet zo dat ... er in de vroege 18e eeuw een wending naar materialen was? Een ‘substantial turn’ waarin verschijnselen op een chemische manier begrepen werden? Licht – en materie in het algemeen – werden minder de passieve deeltjes van de mechanica en meer de reactieve materialen van de alchemie. Tschirnhaus zegt zelf dat hij is overgestapt is van wiskunde naar scheikunde. Dat roept de vraag op waar die chemische kijk kwam, of die nieuw was of buiten beeld is gebleven. Newton werd ook op een veel ‘chemischer’ manier gelezen dan de zuiver fysische die wij ervan maken. Elektriciteit is letterlijk van oorsprong een chemisch verschijnsel, en ik wil me wel hard maken dat dat voor stoom ook het geval was. Hoe is het dan gekomen dat we dat louter fysisch zijn gaan opvatten, met de geschiedenis erbij?

Is het niet zo dat ... er rond 1700 een omslag plaatsvond in het denken over de staat en het gemenebest waarbij productie als grondslag van voorspoed prominenter wordt in vergelijking met handel? Alom werd gekeken naar manieren om lokale hulpbronnen te benutten om de welvaart te vergroten, aanwezige grondstoffen om te zetten in nuttige en waardevolle producten. Je kunt stellen dat deze innovatieve houding kenmerkend is voor de nijvere Verlichting: het zoeken naar nieuwe mogelijkheden, het doelbewust inzetten en organiseren van kennis en middelen. De belangstelling

voor materialen en de transformaties daarvan kan zo de geschiedenis van wetenschap, techniek, economie verbinden.

Is het niet zo dat ... dat er een veelheid aan verhalen mogelijk is over de nijvere Verlichting? Afhankelijk van de lokale situatie zocht men overal in Europa en daarbuiten naar manieren om kennis te bevorderen en benutten. Zelfs in de Republiek waren de omstandigheden in de urbane kustprovincies heel anders dan die van de rurale provincies naar het oosten. Als we beschouwelijke en nijvere praktijken beoordelen vanuit hun concrete contexten en op hun eigen merites krijgen we een rijker en historischer begrip van patronen als 'Verlichting' en 'Industriële Revolutie', in plaats van de Franse en Engelse modellen die nu gemeengoed zijn.

Slot en dankwoord

Wetenschap en techniek zijn belangrijk in onze huidige kennissamenleving. Een goed begrip van de aard én de beperkingen is heden ten dage meer nodig dan ooit. Geschiedenis is een onmisbare sleutel tot zo'n begrip. Onze opvattingen en praktijken zijn niet vanzelfsprekend maar uitkomst van rijke historische ontwikkelingen. Een frisse blik op het verleden en een kritische houding helpt om hardnekkige mythes en vooroordelen te ontcrachten. Ik zie het als mijn taak om bij te dragen aan een beter begrip van wetenschap, technologie en samenleving door onderzoek naar vroegmoderne werelden van vernuft. De inzichten die dat oplevert deel ik met een breder publiek, in de eerste plaats via onderwijs aan studenten die zich op een wetenschappelijke en technologische loopbaan voorbereiden. Ik beschouw het als een

voorrecht om bij te dragen aan hun vorming en ervaar niet aflatende inspiratie en genoeg aan het werken met studenten.

Aan het einde van mijn rede wil ik mijn dank betuigen aan alle mensen die mij geholpen hebben op de weg hier naar toe. Gidsen in de wetenschaps- en kennisgeschiedenis waren Floris Cohen en Lissa Roberts, en ook niet te vergeten Casper Hakfoort, die mijn denken als eerste scherpste en mij de academische houding bijbracht die noodzakelijk is voor historisch onderzoek en onderwijs. Mijn collega's in Twente van de afdelingen Wijsbegeerte en STePS vormen een onuitputtelijke bron van intellectuele verrijking. Hetzelfde geldt voor verdere collega's op de campus, in het bijzonder binnen Atlas. Daar leer ik niet alleen dagelijks over onderwijs en opvoeding, maar evenzeer over kennis en wetenschap. Ik ervaar het als een groot voorrecht dat ik de afgelopen jaren alle ruimte heb gekregen om onderzoek en onderwijs te ontwikkelen naar mijn eigen ideeën.

Het is eervol om nu ook verbonden te zijn aan de Vrije Universiteit, waar Reijer Hooykaas grondslagen voor het vakgebied heeft gelegd. Inmiddels voel ik mij zeer welkom binnen de afdeling Kunst en Cultuur, Geschiedenis en Oudheid – AHA in de wandelgangen. De samenwerking met mijn nieuwe collega's is leerzaam en prettig en ik zie uit naar de toekomst. Dank Inger, Karel, Bas, Fred, Hans, Erika, Edwina, Ab, en anderen. De vakgenoten bij de afdeling Algemene Vorming – Ida, Frans, Danny, Azadeh – zijn dichterbij gekomen en via het Simon Stevin Centrum ben ik directer bij hen betrokken. Ik dank het bestuur van de Dr. C. Louise Thijssen-Schoute Stichting, die de leerstoel ingesteld heeft, voor het in mij gestelde vertrouwen.

Tot slot wil ik mijn vrienden en familie bedanken. Ik kan me geen leven zonder jullie voorstellen. Mijn ouders konden waarschijnlijk niet bevroeden dat ik op een plek als deze terecht zou komen. Anne, Minke en Nanne: zonder jullie is het niet denkbaar dat ik hier sta en daarvoor ben ik jullie voor altijd dankbaar.

Ik heb gezegd.²¹

¹ $c = (f - 32) \frac{5}{9}$. Water is ijs bij 32° Fahrenheit, het kookt bij 212°; 0° F = pekel en 96° de lichaamstemperatuur van de mens.

² Star (1983), Cohen en Cohen (1936), Meyer (1913).

³ Kate (1717), p. 223, ‘... je vous communiquai qu’il y avoit ici, à Amsterdam, un Mr. Farenheit, qui fait plusieurs sortes de Barometres & de Thermometres, avec beaucoup plus d’exactitude, pour l’usage des Physiciens, que j’en aye trouvé jusqu’à présent.’; p. 226, ‘Pour une autre marque, que le verre est bien net, il fait, par une maniere fixe; & par une juste mesure de le nettoyer, faire ses *Barometres*, pour le dedans, en sorte qu’au dessus du tuyau où l’air de nôtre Atmosphere ne peut pas pénétrer, ils rendent de la lumiere dans l’obscurité; ...’; p. 227, ‘Il fait deux sortes de ces verres, qu’on peut nommer avec raison *Phosphores Etheriens*.’

⁴ Picard (1676); Bernoulli (1703, 1704a, 1704b). Fahrenheits werk aan barometrisch licht is onbekend in de betreffende historische literatuur. Harvey (1957), Corson (1968), Hackmann (1978)

⁵ Als het luchtbelletje naast het kwik zat in plaats van in het vacuüm trad het lichteffect ook niet op. Fahrenheit nam ook een inductie-effect waar toen hij zijn hand weer in de buurt van de cilinder hield. Fahrenheit (1722)

⁶ Wahl (2015), tevens een goede gids voor eerdere literatuur over geschiedenis van fosfor.

⁷ Dijksterhuis (2015a).

⁸ Vermij (2016): ‘Juist het begrip “wetenschappelijke revolutie” kan hier goede diensten bewijzen. Dan zullen we echter niet de lievelingsonderwerpen van

wetenschapsonderzoekers centraal moeten stellen, maar het derde bovengenoemde aspect. Met andere woorden, we moeten de wetenschappelijke revolutie definiëren vanuit de onttovering van het wereldbeeld, niet vanuit veranderingen in de theorieën over het zonnestelsel, de bloedsomloop, of de lokale beweging. Alleen dienen we die onttovering dan niet te definiëren als het verdwijnen van magie of bijgeloof, maar als een verandering in denkvormen of mentaliteiten.’

⁹ Biagioli (1993); Shapin & Schaffer (1985); Cook (2007)

¹⁰ Ploos van Amstel (n.d.) is een collegedictaat; Cohen & Cohen (1936) bevat een transcriptie van een prospectus van de lessen.

¹¹ Ranouw (1719-1723): verklaring der prent en aanbieding in eerste nummer, January en February 1719.

¹² Leemans (2011); <https://ingerleemans.wordpress.com/emotional-economics/>. Over commodificatie van barometers is verrassend weinig geschreven; Golinski (1999), Janković (2000) zijn uitzonderingen, maar met een beperkte reikwijdte.

¹³ Leibniz (1923-), III, 6, p.31. ‘... wan man ein solch glaß in Holland offentlich umb geld sehen ließe, und forderte nur wenig von der persohn; zum ex. Einen stiever, Ich glaube daß viel tausend thl. köndten gewonnen werden’

¹⁴ Regt (2013), Regt (2016). Ik benadruk ook de operatieve kant, zie bijvoorbeeld Dijksterhuis (2007). Bachelard (1971) is een bruikbare compilatie van zijn kentheoretische ideeën.

¹⁵ Onder meer Smith (2004) en Long (2014). Zij refereren in het bijzonder naar het werk van Edgar Zilsel, de historisch socioloog uit het interbellum die betoogde dat het denken en doen van handwerkslieden de historische wortel vormde van de moderne mathematische fysica, ofwel de Newtonse mechanica. Zilsel had in zekere zin een traditionele opvatting van wetenschapsgeschiedenis dat hij ‘Newton’ wilde verklaren, d.w.z. het theoretische bouwwerk van de *Principia*.

¹⁶ Klein (2010); Principe (2007).

¹⁷ Roberts (2007); Munck (2010); Davids (2008)

¹⁸ <http://www.globalknowledgesociety.com/>

¹⁹ Lambert (1772); Dijksterhuis (2015b)

²⁰ Newton (1717), 345.

²¹ Met dank aan Frans van Lunteren, Inger Leemans, Wijnand Mijnhartd en Anne Dijkstra voor commentaar op eerdere versies van deze tekst.

Bibliografie

Bachelard, Gaston (1971). *Epistémologie*. Textes choisis par Dominique Lecourt. (Paris: Presses Universitaires de France).

Bernoulli, Joh. (1703). 'Nouvelle maniere de rendre les baromètres lumineux', *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris* 2 (1703) 178-190.

Bernoulli, Joh. (1704b). 'Lettre de M. Bernoulli Professor à Groningue, touchant son nouveau Phosphore', *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris* 2 (1704) 135-146.

Bernoulli, Joh. (1704a). 'Nouveau phosphore', *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris* 2 (1704) 1-9.

Biagioli, M. (1993). *Galileo, courtier: The practice of science in the culture of absolutism*. (Chicago: University of Chicago Press).

Chang, Hasok (2004). *Inventing temperature: Measurement and scientific progress* (Oxford: Oxford University Press)

Cook, H. J. (2007). *Matters of exchange: Commerce, medicine, and science in the Dutch Golden Age*. (New Haven: Yale University Press).

Corson, D.W. (1968). 'Pierre Poliniere, Francis Hauksbee, and Electroluminescence: A Case of Simultaneous Discovery', *Isis* 59-4 (1968) 402-413.

Davids, C. A. (2008). *The rise and decline of Dutch technological leadership: Technology, economy and culture in the Netherlands, 1350-1800* (Leiden: Brill).

Dijksterhuis, Fokko Jan (2007). 'Constructive Thinking. A Case for Dioptrics', 59-82 in: Roberts (2007).

Dijksterhuis, Fokko Jan (2014), 'Matters of Light. Ways of Knowing in Enlightened Optics', *Insights* 7 (2014), online uitgave: <https://www.dur.ac.uk/ias/insights/volume7/article8/>

Dijksterhuis, Fokko Jan (2015a), 'Foci of Interests. Optical Pursuits amongs Huygens, Leibniz and Tschirnhaus 1680-1710', 261-283 in: Kempe, M., red.

(2015). *Der Philosoph im U-Boot: Praktische Wissenschaft und Technik im Kontext von Gottfried Wilhelm Leibniz* (Hannover 2015).

Dijksterhuis, Fokko Jan (2015b). 'Perceptions of Colors by Different Eyes', in: Bushart, M., & Steinle, F. (2015). *Colour histories: Science, art, and technology in the 17th and 18th centuries* (Berlin: De Gruyter).

E. Cohen en W.A.T. Cohen-de Meester (1636a). 'Daniel Gabriel Fahrenheit (geb. te Danzig 24 Mei 1686, overl. te 's-Gravenhage 16 Sept. 1736)', *Chemisch Weekblad* 33-24 (1936) 374-393; 34-45 (1937), 727-730.

E. Cohen en W.A.T. Cohen-de Meester (1636b). 'Daniel Gabriel Fahrenheit (geb. zu Danzig 24. Mai 1686, gest. zu 's-Gravenhage 16. Sept. 1736)', *Proceedings of the Royal Academy of Sciences of Amsterdam* 16-2 (1936) 1-36; 40-8 (1937) 682-689.

Fahrenheit, D.G. (1722). 'Brief van den Heere D.G. Fahrenheit aan Willem van Ranouw over dee lichtende Barometers, en over de kentekenen van een goeden Barometer', *Kabinet der Natuurlyke Historien, wetenschappen, konsten en handwerken* 7 (1722) 21-63.

Golinski, Jan (1999). 'Barometers of Change: Meteorological Instruments as Machines of Enlightenment', 69-93 in: Clark, W., Golinski, J., & Schaffer, S., *The sciences in enlightened Europe*. (Chicago: University of Chicago Press).

Hackmann, W. D. (1978). *Electricity from glass: The history of the frictional electrical machine, 1600-1850*. (Alphen aan den Rijn: Sijthoff & Noordhoff).

Harvey, E.N. (1957). *A History of Luminescence from the Earliest Times until 1900* (Philadelphia 1957).

Hooykaas, R. (1999). *Fact, faith, and fiction in the development of science: The Gifford lectures given in the university of St. Andrews 1976*. (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers).

Jankovic, V. (2000). *Reading the skies: A cultural history of English weather, 1650-1820*. (Manchester: Manchester University Press).

Kate, L. ten (L.t.K.H.) (1717). 'Article VII. Lettre écrite à l'Auteur de la B.A.&M.', *Bibliothèque Ancienne & Moderne* VIII Partie Premiere (1717) 223-231.

Klein, Ursula, & Spary, E. C. (2010). *Materials and expertise in early modern Europe: Between market and laboratory* (Chicago: University of Chicago Press).

Lambert, J. H. (1772) *Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemalten Farbenpyramide*. Berlin: Haude und Spener.

Leemans, Inger (2011), *De beurs als bijenkorf*. Naar een natuurwetenschap van economie en samenleving, rond 1700 (oratie VU, Amsterdam). <https://ingerleemans.files.wordpress.com/2016/04/oratie-leemans-vu-2011.pdf> geraadpleegd 2 februari 2017.

Leibniz, Gottfried Wilhelm (1923-) *Sämtliche Schriften und Briefe*. (Berlin, Akademie Ausgabe).

Long, Pamela O. (2011). *Artisan/practitioners and the rise of the new sciences, 1400-1600*. (Corvallis, OR: Oregon State University Press).

Meyer, K. B. (1913). *Die Entwicklung des Temperaturbegriffs im Laufe der Zeiten. Übersetzt aus dem Dänischen von Irmgard Kolde* (Braunschweig: Friedrich Vieweg).

Munck, Bert de (2010). 'Corpses, live models, and nature. Assessing skills and knowledge before the industrial revolution (case: Antwerp)', *Technology & Culture* 51-2 (2010), 332-356.

Newton, Isaac (1717) *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light* (London: Bowyer and Innys).

Picard, J. (1676). 'Experience fait à l'Observatoire sur la Barometre simple touchant un nouveau Phenomene qu'on y a decouvert', *Journal des Sçavans* (25 mei 1676) 112 (Paris)/ 126 (Amsterdam).

Ploos van Amstel, Jacob (n.d.). 'Natuurkundige Lessen van Daniel Gabriel Fahrenheit', Leiden University Library, BPL 772.

Principe, L.M. (2007). 'A Revolution Nobody Noticed? Changes in Early Eighteenth-Century Chymistry', 1-22 in: L.M. Principe (ed.), *New Narratives in*

Eighteenth-Century Chemistry: Contributions from the First Francis Bacon Workshop, 21-23 April 2005 (Dordrecht 2007).

Principe, Lawrence M. (2007). 'A revolution nobody noticed?: Changes in early eighteenth century chymistry'. *New Narratives in Eighteenth-Century Chemistry*, 1-22.

Ranouw, Willem van (1719-1723). *Kabinet der Natuurlyke Historien, wetenschappen, konsten en handwerken* (Amsterdam: Hendrik Strik, e.a.).

Regt, Henk de (2013). 'Understanding and explanation: living apart together?', *Studies in History and Philosophy of Science* 44-3 (2013), 505-509.

Regt, Henk de (2016). *Wetenschap begrijpen* (oratie VU, Amsterdam). https://www.academia.edu/25420941/Wetenschap_begrijpen

Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, & Dear, Peter (red.) (2007). *The Mindful Hand: Inquiry and Invention from the Late Renaissance to Early Industrialisation* (Amsterdam: KNAW).

Shapin, S., and Schaffer, S.. (1985). *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle, and the experimental life* (Princeton, N.J: Princeton University Press).

Smith, Pamela H. (2004). *The body of the artisan: Art and experience in the scientific revolution* (Chicago: University of Chicago Press).

Star, P. van der (1983). *Fahrenheit's letters to Leibniz and Boerhaave* (Amsterdam 1983).

Vermij, Rienk (2016). 'Een pleidooi voor het serieus nemen van de wetenschappelijke revolutie', <http://www.shellsandpebbles.com/2016/02/01/een-pleidooi-voor-het-serieus-nemen-van-de-wetenschappelijke-revolutie/> geraadpleegd op 19 januari 2017.

Wahl, Charlotte (2015). "‘Im tunceln ist ein blinder so guth als ein sehender’". Zu Leibniz' Beschäftigung mit Leuchtstoffen', 225-259 in: Kempe, M., red. (2015). *Der Philosoph im U-Boot: Praktische Wissenschaft und Technik im Kontext von Gottfried Wilhelm Leibniz* (Hannover 2015).

Wiesenfeld, G. (2002). *Leeres Raum in Minervas Haus. Experimentelle Naturlehre an der Universität Leiden, 1675-1715* (Amsterdam 2002).